

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-046443

(43)Date of publication of application : 14.02.2003

(51)Int.Cl.

H04B 10/02  
H04B 10/00  
H04B 10/04  
H04B 10/06  
H04B 10/14  
H04B 10/18

(21)Application number : 2001-236527

(71)Applicant : MITSUBISHI ELECTRIC CORP

(22)Date of filing : 03.08.2001

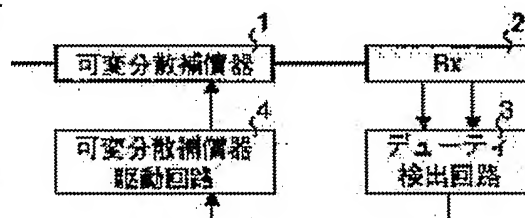
(72)Inventor : SHIMIZU KATSUHIRO  
SUGIHARA TAKASHI  
KOBAYASHI YUKIO  
HASHIMOTO MINORU

(54) VARIABLE DISPERSION COMPENSATION DEVICE, OPTICAL RECEIVER WITH VARIABLE DISPERSION COMPENSATION FUNCTION, AND OPTICAL COMMUNICATION SYSTEM

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an optical receiver that can optimize dispersion compensation more easily than before.

SOLUTION: The variable dispersion compensation device is provided with a variable dispersion compensation unit 1 that employs a dispersion compensation technology for an optical signal to vary the dispersion depending on the level of a received electric signal, a duty detection circuit 3 that detects the duty of the optical signal, and a variable dispersion compensation unit drive circuit 4 that controls the variable dispersion compensation unit 1 on the basis of an output signal from the duty detection circuit 3.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]



[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision  
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2003-46443  
(P2003-46443A)

(43) 公開日 平成15年2月14日 (2003.2.14)

(51)Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	キーワード*(参考)	
H 0 4 B	10/02	H 0 4 B	9/00	M 5 K 0 0 2
	10/00			B
	10/04			S
	10/06			
	10/14			

審査請求 未請求 請求項の数18 O L (全 15 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2001-236527(P2001-236527)

(22) 出願日 平成13年8月3日 (2001.8.3)

(71) 出願人 000006013

三菱電機株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号

(72) 発明者 清水 克宏

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三

菱電機株式会社内

(72) 発明者 杉原 隆嗣

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三

菱電機株式会社内

(74) 代理人 100089118

弁理士 酒井 宏明

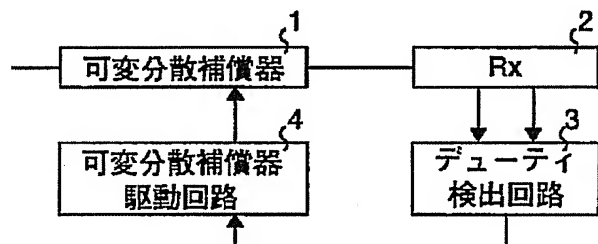
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 可変分散補償装置、可変分散補償機能付き光受信器、および光通信システム

(57) 【要約】

【課題】 より簡便に分散補償量を最適化可能な光受信器を得ること。

【解決手段】 本発明の可変分散補償機能付き光受信器は、光信号の分散補償技術を用いる構成とし、制御信号として入力される電気信号のレベルに応じて分散値を変化させる可変分散補償器1と、光信号のデューティを検出するデューティ検出回路3と、デューティ検出回路3の出力信号に基づいて可変分散補償器1を制御する可変分散補償器駆動回路4と、を備える構成とする。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 光信号の分散補償技術を用いた可変分散補償装置において、  
制御信号として入力される電気信号のレベルに応じて分散値を変化させる可変分散補償手段と、  
光信号のデューティを検出するデューティ検出手段と、  
前記デューティ検出手段の出力信号に基づいて前記可変分散補償手段を制御する制御手段と、  
を備えることを特徴とする可変分散補償装置。

【請求項 2】 光信号の分散補償技術を用いた可変分散補償機能付き光受信器において、  
制御信号として入力される電気信号のレベルに応じて分散値を変化させる可変分散補償手段と、  
光信号のデューティを検出するデューティ検出手段と、  
前記デューティ検出手段の出力信号に基づいて前記可変分散補償手段を制御する制御手段と、  
を備えることを特徴とする可変分散補償機能付き光受信器。

【請求項 3】 前記制御手段は、  
低周波信号を出力する発振器と、  
前記デューティ検出手段出力と前記発振器出力の位相を比較する位相比較器と、  
前記位相比較器出力と前記発振器出力を加算する加算器と、  
を備えることを特徴とする請求項 2 に記載の可変分散補償機能付き光受信器。

【請求項 4】 光信号の分散補償技術を用いた可変分散補償機能付き光受信器において、  
制御信号として入力される電気信号のレベルに応じて分散値を変化させる可変分散補償手段と、  
前記可変分散補償手段出力の光信号を電気信号に変換する光電気変換手段と、  
前記光電気変換手段出力の電気信号を用いて光信号のデューティを検出するデューティ検出手段と、  
前記デューティ検出手段の出力信号に基づいて前記可変分散補償手段を制御する制御手段と、  
を備えることを特徴とする可変分散補償機能付き光受信器。

【請求項 5】 光信号の分散補償技術を用いた可変分散補償機能付き光受信器において、  
第 1 の制御信号として入力される電気信号のレベルに応じて分散値を変化させる第 1 の可変分散補償手段と、  
光信号を分岐し、一方の光信号出力を光受信器に対して出力する分岐手段と、  
前記分岐手段の他方の光信号出力を受け取り、第 2 の制御信号として入力される電気信号のレベルに応じて分散値を変化させる第 2 の可変分散補償手段と、  
前記第 2 の可変分散補償手段出力の光信号を電気信号に変換する光電気変換手段と、  
前記光電気変換手段出力の電気信号を用いて光信号のデ

ューティを検出するデューティ検出手段と、  
前記デューティ検出手段の出力信号に基づいて前記第 1 の可変分散補償手段と前記第 2 の可変分散補償手段を制御する制御手段と、  
を備えることを特徴とする可変分散補償機能付き光受信器。

【請求項 6】 光信号の分散補償技術を用いた可変分散補償機能付き光受信器において、  
制御信号として入力される電気信号のレベルに応じて分散値を変化させる可変分散補償手段と、  
光信号を分岐し、一方の光信号出力を光受信器に対して出力する第 1 の分岐手段と、  
前記第 1 の分岐手段の他方の光信号出力を受け取り、当該光信号をさらに分岐する第 2 の光分岐手段と、  
前記第 2 の光分岐手段の一方の光信号出力に接続され、固有の分散を有する第 1 の分散媒体手段と、  
前記第 2 の光分岐手段の他方の光信号出力に接続され、固有の分散を有する第 2 の分散媒体手段と、  
前記第 1 および第 2 の分散媒体手段出力の光信号を電気信号に変換する光電気変換手段と、  
前記光電気変換手段出力の各電気信号に基づいてそれぞれ光信号のデューティを検出するデューティ検出手段と、  
前記デューティ検出手段の出力信号に基づいて前記可変分散補償手段を制御する制御手段と、  
を備えることを特徴とする可変分散補償機能付き光受信器。

【請求項 7】 前記デューティ検出手段は、  
前記光電気変換手段出力の電気信号の平均振幅を検出する平均振幅検出手段と、  
前記光電気変換手段出力の電気信号のピーク値を検出するピーク値検出手段と、  
前記ピーク値と前記平均振幅との比を計算する演算手段と、  
を備えることを特徴とする請求項 4、5 または 6 に記載の可変分散補償機能付き光受信器。

【請求項 8】 前記デューティ検出手段は、  
前記光電気変換手段出力の電気信号の平均振幅を検出する平均振幅検出手段と、  
前記光電気変換手段出力の電気信号から特定周波数成分の強度を検出する特定周波数強度検出手段と、  
前記強度と前記平均振幅との比を計算する演算手段と、  
を備えることを特徴とする請求項 4、5 または 6 に記載の可変分散補償機能付き光受信器。

【請求項 9】 光信号の分散補償技術を用いた可変分散補償機能付き光受信器において、  
制御信号として入力される電気信号のレベルに応じて分散値を変化させる可変分散補償手段と、  
光信号を分岐し、一方の光信号出力を光受信器に対して出力する第 1 の分岐手段と、

前記第 1 の分岐手段の他方の光信号出力を受け取り、当該光信号をさらに分岐する第 2 の光分岐手段と、  
前記第 2 の光分岐手段の一方の光信号出力に接続され、固有の分散を有する第 1 の分散媒体手段と、  
前記第 2 の光分岐手段の他方の光信号出力に接続され、固有の分散を有する第 2 の分散媒体手段と、  
前記第 1 および第 2 の分散媒体手段出力の光信号の符号誤り率をそれぞれ検出する誤り率検出手段と、  
前記誤り率検出手段の出力信号に基づいて前記可変分散補償手段を制御する制御手段と、  
を備えることを特徴とする可変分散補償機能付き光受信器。

【請求項 10】 光送信器と、光信号の分散補償技術を用いた可変分散補償機能付き光受信器と、で構成された光通信システムにおいて、  
前記可変分散補償機能付き光受信器は、  
制御信号として入力される電気信号のレベルに応じて分散値を変化させる可変分散補償手段と、  
光信号のデューティを検出するデューティ検出手段と、  
前記デューティ検出手段の出力信号に基づいて前記可変分散補償手段を制御する制御手段と、  
を備えることを特徴とする光通信システム。

【請求項 11】 前記制御手段は、  
低周波信号を出力する発振器と、  
前記デューティ検出手段出力と前記発振器出力の位相を比較する位相比較器と、  
前記位相比較器出力と前記発振器出力を加算する加算器と、  
を備えることを特徴とする請求項 10 に記載の光通信システム。

【請求項 12】 光送信器と、光信号の分散補償技術を用いた可変分散補償機能付き光受信器と、で構成された光通信システムにおいて、  
前記可変分散補償機能付き光受信器は、  
制御信号として入力される電気信号のレベルに応じて分散値を変化させる可変分散補償手段と、  
前記可変分散補償手段出力の光信号を電気信号に変換する光電気変換手段と、  
前記光電気変換手段出力の電気信号を用いて光信号のデューティを検出するデューティ検出手段と、  
前記デューティ検出手段の出力信号に基づいて前記可変分散補償手段を制御する制御手段と、  
を備えることを特徴とする光通信システム。

【請求項 13】 光送信器と、光信号の分散補償技術を用いた可変分散補償機能付き光受信器と、で構成された光通信システムにおいて、  
前記可変分散補償機能付き光受信器は、  
第 1 の制御信号として入力される電気信号のレベルに応じて分散値を変化させる第 1 の可変分散補償手段と、  
光信号を分岐し、一方の光信号出力を光受信器に対して

出力する分岐手段と、  
前記分岐手段の他方の光信号出力を受け取り、第 2 の制御信号として入力される電気信号のレベルに応じて分散値を変化させる第 2 の可変分散補償手段と、  
前記第 2 の可変分散補償手段出力の光信号を電気信号に変換する光電気変換手段と、  
前記光電気変換手段出力の電気信号を用いて光信号のデューティを検出するデューティ検出手段と、  
前記デューティ検出手段の出力信号に基づいて前記第 1 の可変分散補償手段と前記第 2 の可変分散補償手段を制御する制御手段と、  
を備えることを特徴とする光通信システム。

【請求項 14】 光送信器と、光信号の分散補償技術を用いた可変分散補償機能付き光受信器と、で構成された光通信システムにおいて、  
前記可変分散補償機能付き光受信器は、  
制御信号として入力される電気信号のレベルに応じて分散値を変化させる可変分散補償手段と、  
光信号を分岐し、一方の光信号出力を光受信器に対して出力する第 1 の分岐手段と、  
前記第 1 の分岐手段の他方の光信号出力を受け取り、当該光信号をさらに分岐する第 2 の光分岐手段と、  
前記第 2 の光分岐手段の一方の光信号出力に接続され、固有の分散を有する第 1 の分散媒体手段と、  
前記第 2 の光分岐手段の他方の光信号出力に接続され、固有の分散を有する第 2 の分散媒体手段と、  
前記第 1 および第 2 の分散媒体手段出力の光信号を電気信号に変換する光電気変換手段と、  
前記光電気変換手段出力の各電気信号に基づいてそれぞれ光信号のデューティを検出するデューティ検出手段と、  
前記デューティ検出手段の出力信号に基づいて前記可変分散補償手段を制御する制御手段と、  
を備えることを特徴とする光通信システム。

【請求項 15】 前記デューティ検出手段は、  
前記光電気変換手段出力の電気信号の平均振幅を検出する平均振幅検出手段と、  
前記光電気変換手段出力の電気信号のピーク値を検出するピーク値検出手段と、  
前記ピーク値と前記平均振幅との比を計算する演算手段と、  
を備えることを特徴とする請求項 12、13 または 14 に記載の光通信システム。

【請求項 16】 前記デューティ検出手段は、  
前記光電気変換手段出力の電気信号の平均振幅を検出する平均振幅検出手段と、  
前記光電気変換手段出力の電気信号から特定周波数成分の強度を検出する特定周波数強度検出手段と、  
前記強度と前記平均振幅との比を計算する演算手段と、  
を備えることを特徴とする請求項 12、13 または 14

に記載の光通信システム。

【請求項 17】 光送信器と、光信号の分散補償技術を用いた可変分散補償機能付き光受信器と、で構成された光通信システムにおいて、前記可変分散補償機能付き光受信器は、制御信号として入力される電気信号のレベルに応じて分散値を変化させる可変分散補償手段と、光信号を分岐し、一方の光信号出力を光受信器に対して出力する第 1 の分岐手段と、前記第 1 の分岐手段の他方の光信号出力を受け取り、当該光信号をさらに分岐する第 2 の光分岐手段と、前記第 2 の光分岐手段の一方の光信号出力に接続され、固有の分散を有する第 1 の分散媒体手段と、前記第 2 の光分岐手段の他方の光信号出力に接続され、固有の分散を有する第 2 の分散媒体手段と、前記第 1 および第 2 の分散媒体手段出力の光信号の符号誤り率をそれぞれ検出する誤り率検出手段と、前記誤り率検出手段の出力信号に基づいて前記可変分散補償手段を制御する制御手段と、を備えることを特徴とする光通信システム。

【請求項 18】 送信信号に対して符号誤り訂正符号を付加可能な光送信器と、光信号の分散補償技術を用いた可変分散補償機能付き光受信器と、で構成された光通信システムにおいて、前記可変分散補償機能付き光受信器は、制御信号として入力される電気信号のレベルに応じて分散値を変化させる可変分散補償手段と、光信号の符号誤り訂正と誤り率検出を行う訂正／検出手段と、前記訂正／検出手段にて検出した誤り率に基づいて前記可変分散補償手段を制御する制御手段と、を備えることを特徴とする光通信システム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、光通信システムで用いられる可変分散補償装置、および可変分散補償機能付き光受信器に関するものであり、特に、超高速光信号の分散補償技術を用いた可変分散補償装置、可変分散補償機能付き光受信器、および光通信システムに関するものである。

【0002】

【従来の技術】 以下、従来の光通信システムについて説明する。光信号は、波長によって伝送路を伝搬する速度が異なるという現象がある。これは、波長毎に伝送媒体の屈折率が異なることに起因する。また、光ファイバに代表される光伝送路では、光を伝送媒体の一部に閉じ込めた状態で伝送を行うため、当該閉じ込めた状態の違いによっても信号の伝搬速度が異なる。すなわち、光を閉じ込めた状態は、波長によって異なるため、波長毎の伝搬速度差の原因となる。上記要因で起こる光の波長によ

る伝搬速度差を「波長分散」あるいは「群速度分散」と呼ぶ。なお、本明細書中の分散とは、特に断りのない場合、波長分散を指すこととする。分散は、遅延時間を波長の関数として示したときの微分として与えられ、 $ps/nm$ なる単位を有する。

【0003】 分散の効果は高速光伝送を行う場合に利用されるシングルモードファイバ（以下、SMFと呼ぶ）においても、避けることのできない現象であり、伝送による信号波形の劣化の原因となる。たとえば、 $10Gb/s$ の信号を伝送する場合、許容できる分散値は、約  $1200ps/nm$ であり、これは、約  $70km$ の SMFでの分散量に相当する。なお、上記許容できる分散値は、伝送するビットレートが高くなるほど小さくなり、たとえば、 $40Gb/s$ の信号を伝送する場合には、 $100ps/nm$ の分散を許容することは難しい。したがって、長距離伝送を行うには、分散を補償することが重要になる。この技術を「分散補償」あるいは「光等化」と呼ぶ。

【0004】 分散補償用デバイスとしては、分散補償ファイバ（DCF）や分散補償グレーティング（DCG）が市販されている。DCFやDCGは、伝送路に用いる SMFと逆の符号を持った分散値を有するデバイスである。しかしながら、これらのデバイスは、固定の分散値を有するために分散補償量の微調整が難しく、また、時間とともに補償すべき分散値が変化するような場合には適用できない、という問題がある。

【0005】 また、伝送路に使用される SMFの分散値は、温度や応力によって変化することが知られている。この変化量は、 $40Gb/s$ の信号を伝送する場合には、許容できないレベルとなる。また、伝送路に入力する光強度レベルによっても、最適な分散補償値が異なることも知られている。このため、分散値を可変できる可変分散補償装置を用いて、適切なフィードバックによって常に最適な分散補償を行うことは、信号品質の維持にとって重要である。分散値を可変できる分散補償装置としては、DCGに熱や応力を印可するデバイスや、多層膜フィルタを用いるデバイス等、多くの方式のデバイスが検討されている。一方で、フィードバック制御を行うためには、分散値や信号品質をモニタすることが求められるが、信号に影響を与えずに分散値や信号品質をモニタすることは難しい。

【0006】 ここで、可変分散補償装置とフィードバック回路とを用いて信号品質を最適化する従来技術について説明する。図 13 は、光送信器および可変分散補償機能付き光受信器とを備えた光通信システムとして動作する、特開平 11-88260 号公報に記載された「光伝送路の分散補償装置」の概略構成を示す図である。図 13 において、101 は光送信器（Tx）であり、102 は光受信器（Rx）であり、103a、103b は光増幅器であり、104 は伝送路であり、105a、105



bは可変分散補償器であり、106a、106bは対応する可変分散補償器を制御する可変分散補償器駆動回路であり、107は光電気変換回路(O/E)であり、108はバンドパスフィルタ(BPF)であり、109はレベル検出回路であり、117は光分岐回路である。

【0007】可変分散補償器105aは、伝送路104の分散値を概略補償するために用いられ、可変分散補償器105bは、補償すべき分散値が伝送路104へ入力される光強度によって変化することを補正するために用いられる。

【0008】まず、可変分散補償器105aの制御について説明する。たとえば、分散の補償量が不十分で分散が残留している場合には、光信号波形が歪んでいることが多い。このような場合には、光電気変換により得られる電気信号に含まれる特定周波数成分の強度が低下している。注目すべき特定周波数は、変調方式によって異なるが、多くの場合、分散補償量が適切でないためクロック周波数成分の信号強度が低下する。ここでは、光電気変換回路107出力の電気信号からクロック周波数成分を、バンドパスフィルタ108を用いて抜き出し、そのクロック周波数成分の強度を、レベル検出回路109を用いて測定する。そして、可変分散補償器駆動回路106aが、レベル検出回路109の出力が最大となるように可変分散補償器105aを制御し、分散補償量を最適化する。

【0009】一方、可変分散補償器105bは、光増幅器103aの出力光強度に応じて制御される。この制御は、たとえば、伝送路104に入力される光強度が大きく、伝送路104で非線形光学効果が生じる場合、必ずしも上記特定周波数成分光強度をモニタしただけでは分散補償量を最適化できないために行われる。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記、従来の可変分散補償機能付き光受信器においては、上記のように、必ずしも特定周波数成分の強度が最大となるように制御すればよいわけではないため、分散補償量の最適化が複雑になる、という問題があった。また、分散補償量が多すぎる場合であっても、少なすぎる場合であっても、同様の波形変化およびスペクトル変化を生じるため、フィードバック回路の誤差信号の符号を検出することが難しい、という問題があった。

【0011】本発明は、上記に鑑みてなされたものであって、より簡便に分散補償量を最適化することができる可変分散補償装置、可変分散補償機能付き光受信器、および光通信システムを得ることを目的とする。

【0012】

【課題を解決するための手段】上述した課題を解決し、目的を達成するために、本発明にかかる可変分散補償装置にあっては、光信号の分散補償技術を用いる構成とし、さらに、制御信号として入力される電気信号のレベ

ルに応じて分散値を変化させる可変分散補償手段と、光信号のデューティを検出するデューティ検出手段と、前記デューティ検出手段の出力信号に基づいて前記可変分散補償手段を制御する制御手段と、を備えることを特徴とする。

【0013】つぎの発明にかかる可変分散補償機能付き光受信器にあっては、光信号の分散補償技術を用いる構成とし、制御信号として入力される電気信号のレベルに応じて分散値を変化させる可変分散補償手段（後述する実施の形態の可変分散補償器1に相当）と、光信号のデューティを検出するデューティ検出手段（デューティ検出回路3に相当）と、前記デューティ検出手段の出力信号に基づいて前記可変分散補償手段を制御する制御手段（可変分散補償器駆動回路4に相当）と、を備えることを特徴とする。

【0014】つぎの発明にかかる可変分散補償機能付き光受信器において、前記制御手段は、低周波信号を出力する発振器（発振器27に相当）と、前記デューティ検出手段出力と前記発振器出力の位相を比較する位相比較器（位相比較回路21に相当）と、前記位相比較器出力と前記発振器出力を加算する加算器（加算器25に相当）と、を備えることを特徴とする。

【0015】つぎの発明にかかる可変分散補償機能付き光受信器にあっては、光信号の分散補償技術を用いる構成とし、さらに、制御信号として入力される電気信号のレベルに応じて分散値を変化させる可変分散補償手段と、前記可変分散補償手段出力の光信号を電気信号に変換する光電気変換手段(O/E6に相当)と、前記光電気変換手段出力の電気信号を用いて光信号のデューティを検出するデューティ検出手段（デューティ検出回路3aに相当）と、前記デューティ検出手段の出力信号に基づいて前記可変分散補償手段を制御する制御手段と、を備えることを特徴とする。

【0016】つぎの発明にかかる可変分散補償機能付き光受信器にあっては、光信号の分散補償技術を用いる構成とし、さらに、第1の制御信号として入力される電気信号のレベルに応じて分散値を変化させる第1の可変分散補償手段（可変分散補償器1に相当）と、光信号を分岐し、一方の光信号出力を光受信器に対して出力する分岐手段（光分岐回路5に相当）と、前記分岐手段の他方の光信号出力を受け取り、第2の制御信号として入力される電気信号のレベルに応じて分散値を変化させる第2の可変分散補償手段（可変分散補償器31に相当）と、前記第2の可変分散補償手段出力の光信号を電気信号に変換する光電気変換手段と、前記光電気変換手段出力の電気信号を用いて光信号のデューティを検出するデューティ検出手段と、前記デューティ検出手段の出力信号に基づいて前記第1の可変分散補償手段と前記第2の可変分散補償手段（可変分散補償器駆動回路4および分散値最適化回路32、または、位相比較回路21、発振器2

7、加算器25および増幅器26に相当)を制御する制御手段と、を備えることを特徴とする。

【0017】つぎの発明にかかる可変分散補償機能付き光受信器にあっては、光信号の分散補償技術を用いる構成とし、さらに、制御信号として入力される電気信号のレベルに応じて分散値を変化させる可変分散補償手段と、光信号を分岐し、一方の光信号出力を光受信器に対して出力する第1の分岐手段(光分岐回路5に相当)と、前記第1の分岐手段の他方の光信号出力を受け取り、当該光信号をさらに分岐する第2の光分岐手段(光分岐回路51に相当)と、前記第2の光分岐手段の一方の光信号出力に接続され、固有の分散を有する第1の分散媒体手段(固定分散発生器52-1に相当)と、前記第2の光分岐手段の他方の光信号出力に接続され、固有の分散を有する第2の分散媒体手段(固定分散発生器52-2に相当)と、前記第1および第2の分散媒体手段出力の光信号を電気信号に変換する光電気変換手段(0/E6-1および6-2に相当)と、前記光電気変換手段出力の各電気信号に基づいてそれぞれ光信号のデューティを検出するデューティ検出手段(デューティ検出回路3a-1および3a-2に相当)と、前記デューティ検出手段の出力信号に基づいて前記可変分散補償手段を制御する制御手段(可変分散補償器駆動回路4に相当)と、を備えることを特徴とする。

【0018】つぎの発明にかかる可変分散補償機能付き光受信器において、前記デューティ検出手段は、前記光電気変換手段出力の電気信号の平均振幅を検出する平均振幅検出手段(平均値検出器18に相当)と、前記光電気変換手段出力の電気信号のピーク値を検出するピーク値検出手段(ピーク検出器17に相当)と、前記ピーク値と前記平均振幅との比を計算する演算手段(除算器14に相当)と、を備えることを特徴とする。

【0019】つぎの発明にかかる可変分散補償機能付き光受信器において、前記デューティ検出手段は、前記光電気変換手段出力の電気信号の平均振幅を検出する平均振幅検出手段(平均値検出器18に相当)と、前記光電気変換手段出力の電気信号から特定周波数成分の強度を検出する特定周波数強度検出手段(クロックレベル検出器19に相当)と、前記強度と前記平均振幅との比を計算する演算手段(除算器14に相当)と、を備えることを特徴とする。

【0020】つぎの発明にかかる可変分散補償機能付き光受信器にあっては、光信号の分散補償技術を用いる構成とし、さらに、制御信号として入力される電気信号のレベルに応じて分散値を変化させる可変分散補償手段と、光信号を分岐し、一方の光信号出力を光受信器に対して出力する第1の分岐手段と、前記第1の分岐手段の他方の光信号出力を受け取り、当該光信号をさらに分岐する第2の光分岐手段と、前記第2の光分岐手段の一方の光信号出力に接続され、固有の分散を有する第1の分

散媒体手段と、前記第2の光分岐手段の他方の光信号出力に接続され、固有の分散を有する第2の分散媒体手段と、前記第1および第2の分散媒体手段出力の光信号の符号誤り率をそれぞれ検出する誤り率検出手段(誤り率検出器67-1および67-2に相当)と、前記誤り率検出手段の出力信号に基づいて前記可変分散補償手段を制御する制御手段(可変分散補償器駆動回路4に相当)と、を備えることを特徴とする。

【0021】つぎの発明にかかる光通信システムにあっては、光送信器と、光信号の分散補償技術を用いた可変分散補償機能付き光受信器と、で構成され、前記可変分散補償機能付き光受信器は、制御信号として入力される電気信号のレベルに応じて分散値を変化させる可変分散補償手段と、光信号のデューティを検出するデューティ検出手段と、前記デューティ検出手段の出力信号に基づいて前記可変分散補償手段を制御する制御手段と、を備えることを特徴とする。

【0022】つぎの発明にかかる光通信システムにおいて、前記制御手段は、低周波信号を出力する発振器と、前記デューティ検出手段出力と前記発振器出力の位相を比較する位相比較器と、前記位相比較器出力と前記発振器出力を加算する加算器と、を備えることを特徴とする。

【0023】つぎの発明にかかる光通信システムにあっては、光送信器と、光信号の分散補償技術を用いた可変分散補償機能付き光受信器と、で構成され、前記可変分散補償機能付き光受信器は、制御信号として入力される電気信号のレベルに応じて分散値を変化させる可変分散補償手段と、前記可変分散補償手段出力の光信号を電気信号に変換する光電気変換手段と、前記光電気変換手段出力の電気信号を用いて光信号のデューティを検出するデューティ検出手段と、前記デューティ検出手段の出力信号に基づいて前記可変分散補償手段を制御する制御手段と、を備えることを特徴とする。

【0024】つぎの発明にかかる光通信システムにあっては、光送信器と、光信号の分散補償技術を用いた可変分散補償機能付き光受信器と、で構成され、前記可変分散補償機能付き光受信器は、第1の制御信号として入力される電気信号のレベルに応じて分散値を変化させる第1の可変分散補償手段と、光信号を分岐し、一方の光信号出力を光受信器に対して出力する分岐手段と、前記分岐手段の他方の光信号出力を受け取り、第2の制御信号として入力される電気信号のレベルに応じて分散値を変化させる第2の可変分散補償手段と、前記第2の可変分散補償手段出力の光信号を電気信号に変換する光電気変換手段と、前記光電気変換手段出力の電気信号を用いて光信号のデューティを検出するデューティ検出手段と、前記デューティ検出手段の出力信号に基づいて前記第1の可変分散補償手段と前記第2の可変分散補償手段を制御する制御手段と、を備えることを特徴とする。

【0025】つぎの発明にかかる光通信システムにおいては、光送信器と、光信号の分散補償技術を用いた可変分散補償機能付き光受信器と、で構成され、前記可変分散補償機能付き光受信器は、制御信号として入力される電気信号のレベルに応じて分散値を変化させる可変分散補償手段と、光信号を分岐し、一方の光信号出力を光受信器に対して出力する第1の分岐手段と、前記第1の分岐手段の他方の光信号出力を受け取り、当該光信号をさらに分岐する第2の光分岐手段と、前記第2の光分岐手段の一方の光信号出力に接続され、固有の分散を有する第1の分散媒体手段と、前記第2の光分岐手段の他方の光信号出力に接続され、固有の分散を有する第2の分散媒体手段と、前記第1および第2の分散媒体手段出力の光信号を電気信号に変換する光電気変換手段と、前記光電気変換手段出力の各電気信号に基づいてそれぞれ光信号のデューティを検出するデューティ検出手段と、前記デューティ検出手段の出力信号に基づいて前記可変分散補償手段を制御する制御手段と、を備えることを特徴とする。

【0026】つぎの発明にかかる光通信システムにおいて、前記デューティ検出手段は、前記光電気変換手段出力の電気信号の平均振幅を検出する平均振幅検出手段と、前記光電気変換手段出力の電気信号のピーク値を検出するピーク値検出手段と、前記ピーク値と前記平均振幅との比を計算する演算手段と、を備えることを特徴とする。

【0027】つぎの発明にかかる光通信システムにおいて、前記デューティ検出手段は、前記光電気変換手段出力の電気信号の平均振幅を検出する平均振幅検出手段と、前記光電気変換手段出力の電気信号から特定周波数成分の強度を検出する特定周波数強度検出手段と、前記強度と前記平均振幅との比を計算する演算手段と、を備えることを特徴とする。

【0028】つぎの発明にかかる光通信システムにおいては、光送信器と、光信号の分散補償技術を用いた可変分散補償機能付き光受信器と、で構成され、前記可変分散補償機能付き光受信器は、制御信号として入力される電気信号のレベルに応じて分散値を変化させる可変分散補償手段と、光信号を分岐し、一方の光信号出力を光受信器に対して出力する第1の分岐手段と、前記第1の分岐手段の他方の光信号出力を受け取り、当該光信号をさらに分岐する第2の光分岐手段と、前記第2の光分岐手段の一方の光信号出力に接続され、固有の分散を有する第1の分散媒体手段と、前記第2の光分岐手段の他方の光信号出力に接続され、固有の分散を有する第2の分散媒体手段と、前記第1および第2の分散媒体手段出力の光信号の符号誤り率をそれぞれ検出する誤り率検出手段と、前記誤り率検出手段の出力信号に基づいて前記可変分散補償手段を制御する制御手段と、を備えることを特徴とする。

【0029】つぎの発明にかかる光通信システムにおいては、送信信号に対して符号誤り訂正符号を付加可能な光送信器と、光信号の分散補償技術を用いた可変分散補償機能付き光受信器と、で構成され、前記可変分散補償機能付き光受信器は、制御信号として入力される電気信号のレベルに応じて分散値を変化させる可変分散補償手段と、光信号の符号誤り訂正と誤り率検出を行う訂正／検出手段（FECデコーダ66、誤り率検出器67に相当）と、前記訂正／検出手段にて検出した誤り率に基づいて前記可変分散補償手段を制御する制御手段と、を備えることを特徴とする。

#### 【0030】

【発明の実施の形態】以下に、本発明にかかる可変分散補償装置、可変分散補償機能付き光受信器、および光通信システムの実施の形態を図面に基づいて詳細に説明する。なお、この実施の形態によりこの発明が限定されるものではない。

【0031】実施の形態1. 図1は、本発明にかかる可変分散補償機能付き光受信器の実施の形態1の構成を示す図である。図1において、1は電気信号によって分散値が変化する可変分散補償器であり、2は光受信器（Rx）であり、3は光受信器2出力のデータ信号とクロック信号から受信波形のデューティを検出するデューティ検出回路であり、4は可変分散補償器駆動回路である。

【0032】なお、可変分散補償器1としては、分散補償グレーティング（DCG）に熱や応力を印可するデバイスや、多層膜フィルタを用いるデバイス等、多くの方式のデバイスを用いることができる。また、ここでは、可変分散補償器1とデューティ検出回路3と可変分散補償器駆動回路4で可変分散補償装置を構成する。また、本実施の形態における図1の構成は、図13に示す送信側の構成（光送信器101、光増幅器103a）と、伝送路104を介して接続することにより、光通信システムを形成する。

【0033】分散による波形劣化は、低域濾過フィルタによる波形劣化に類似している。具体的にいうと、光パルスの立ち上がり時間および立下り時間が増加し、パルス幅が広がる。その結果、パルスの裾が隣接タイムスロットに影響を与え、誤り率の増加や受信感度の劣化をもたらす。したがって、パルス幅の広がりの程度を測定することによって、パルスが被った分散量を推定することが可能となる。なお、パルスに予め与えられたタイムスロットとパルス幅の比を「デューティ」と呼ぶ。ここでは、タイムスロットの値が一定であるため、デューティの測定をパルス幅測定の代用とすることができる。

【0034】たとえば、分散が完全に補償された場合、受信するパルス幅は送信されたパルス幅に等しく、受信デューティは送信デューティに等しい。そこで、本実施の形態では、可変分散補償器駆動回路4が、受信デューティをモニタし、受信デューティが送信デューティと等

しくなるように可変分散補償器 1 にフィードバック処理を行い、最適な分散補償を実現する。

【0035】また、受信するパルス幅には最適値がある。すなわち、パルス幅が広すぎる場合には大きなペナルティとなるが、狭い場合にはあまり大きなペナルティとはならない。そこで、本実施の形態では、可変分散補償器駆動回路 4 が、受信パルス幅が最小あるいは受信デューティが最小となるようにフィードバック制御を行うことで、理想的な制御を行う。

【0036】図 2 は、上記デューティ検出回路 3 の構成を示す図である。図 2 において、11 はデータ入力端子であり、12 はクロック入力端子であり、13 はデューティ検出回路 3 の出力端子であり、14 は除算器である。たとえば、データ入力端子 11 から入力されるデータ信号の振幅を A とし、クロック入力端子 12 から入力されるクロック信号の振幅を B とすると、デューティ検出回路 3 の出力端子 13 からは、 $B/A$  が出力される。

【0037】なお、図 2 に示すデューティ検出回路 3 では、データ振幅とクロック振幅との比を測定しており、クロック抽出効率を測定する回路となっている。RZ (Return to Zero) 変調方式を用いる場合、クロック抽出効率は、デューティが 50% のときに最大となり、デューティが 0% あるいは 100% のときに最小となる。通常、送信デューティは、50% が用いられ、伝送路によってパルス幅が広がるため、受信デューティは、50% 以上となる。

【0038】図 3 は、図 2 とは異なるデューティ検出回路 3 の構成を示す図である。図 3 において、15 は利得制御回路であり、16 は可変利得増幅器 (gain) である。なお、上記図 2 と同様の構成については、同一の符号を付してその説明を省略する。

【0039】ここでは、図 2 における除算器 14 を、利得制御回路 15 と可変利得増幅器 16 によって実現している。たとえば、データ入力端子 11 から入力されるデータ信号の振幅を A とし、クロック入力端子 12 から入力されるクロック信号の振幅を B とした場合、利得制御回路 15 が可変利得増幅器 16 の利得を  $1/A$  とすることによって、デューティ検出回路 3 の出力端子 13 からは、 $B/A$  が出力される。

【0040】このように、本実施の形態においては、デューティ検出回路 3 が、光信号のデューティを光受信器 2 の出力を用いて検出し、可変分散補償器駆動回路 4 が、当該デューティが最適となるように可変分散補償器 1 を制御する構成としたため、従来と比較して、簡単な構成によって分散補償量を最適化することができる。

【0041】実施の形態 2。図 4 は、本発明にかかる可変分散補償機能付き光受信器の実施の形態 2 の構成を示す図である。図 4 において、5 は光分岐回路であり、6 は光電気変換回路 (O/E) であり、3a は O/E 6 出力の電気信号からデューティを検出するデューティ検出

回路である。

【0042】なお、前述の実施の形態 1 と同様の構成については、同一の符号を付してその説明を省略する。また、光分岐回路 5 としては、たとえば、光カプラ、ハーフミラー等を用いる。また、O/E 6 としては、フォトダイオード (PD)、アバランシェフォトダイオード (APD) が一般的に用いられる。また、ここでは、実施の形態 1 と同様に、可変分散補償器 1 とデューティ検出回路 3a と可変分散補償器駆動回路 4 で可変分散補償装置を構成する。また、本実施の形態における図 4 の構成は、図 13 に示す送信側の構成 (光送信器 101、光増幅器 103a) と、伝送路 104 を介して接続することにより、光通信システムを形成する。

【0043】図 5 は、上記デューティ検出回路 3a の構成を示す図である。図 5 において、17 はピーク検出器であり、18 は平均値検出器である。なお、先に説明した図 2 および 3 と同様の構成については、同一の符号を付してその説明を省略する。図 5 に示すデューティ検出回路 3a は、「(パルスのピーク値) ÷ (パルスの平均値)」を出力する。たとえば、パルスの平均値が等しい場合、パルスのピーク値は、デューティが小さいほど大きい (すなわち、デューティが大きいほど小さい)。すなわち、上記「(パルスのピーク値) ÷ (パルスの平均値)」は、デューティに対応した出力であるといえる。

【0044】ピーク検出器 17 としては、たとえば、ダイオードを用いたデバイスが一般的である。また、平均値検出器 18 は、たとえば、低域濾過フィルタとピーク検出器 17 とを組み合わせることにより実現できる。なお、平均値検出器 18 を上述のとおりピーク検出器 17 を用いて構成した場合には、ピーク検出器 17 と平均値検出器 18 の温度特性の差を小さくする効果が得られる。

【0045】図 6 は、図 5 とは異なるデューティ検出回路 3a の構成を示す図である。図 6 において、19 はクロックレベル検出器である。なお、上記図 5 と同様の構成については、同一の符号を付してその説明を省略する。

【0046】図 6 に示すデューティ検出回路 3a では、「(クロックレベル) ÷ (パルスの平均値)」を出力する。たとえば、RZ 信号を用いる場合、デューティが 50% 以上の領域では、クロックレベルは、デューティが小さいほど大きい (すなわち、デューティが大きいほど小さい)。すなわち、「(クロックレベル) ÷ (パルスの平均値)」は、デューティに対応した出力であるといえる。また、NRZ 信号を用いる場合であっても、実質的な範囲では、クロックレベルは、デューティが小さいほど大きい (すなわち、デューティが大きいほど小さい)。すなわち、デューティ検出回路 3a は、NRZ 信号にも適用することができる。

【0047】このように、本実施の形態においては、デ

ューティ検出回路 3 a が、光信号のデューティを光電気変換後の出力を用いて検出し、可変分散補償器駆動回路 4 が、当該デューティが最適となるように可変分散補償器 1 を制御する構成としたため、従来と比較して、簡単な構成によって分散補償量を最適化することができる。

【0048】実施の形態 3. 図 7 は、本発明にかかる可変分散補償機能付き光受信器の実施の形態 3 の構成を示す図である。図 7 において、21 は位相比較回路であり、22 はミキサであり、23 は増幅器であり、24 は低域濾過フィルタであり、25 は加算器であり、26 は増幅器であり、27 は発振器である。

【0049】なお、前述の実施の形態 1 と同様の構成については、同一の符号を付してその説明を省略する。実施の形態 1 との相違点は、可変分散補償器 1 を制御する方法として、アナログ回路による最大値検出を採用したことにある。また、ここでは、可変分散補償器 1 とデューティ検出回路 3 と位相比較回路 21 と加算器 25 と増幅器 26 と発振器 27 で可変分散補償装置を構成する。また、本実施の形態における図 7 の構成は、図 13 に示す送信側の構成（光送信器 101、光増幅器 103 a）と、伝送路 104 を介して接続することにより、光通信システムを形成する。

【0050】ここで、本実施の形態の可変分散補償機能付き光受信器の動作について説明する。ここでは、先に説明した実施の形態 1 または 2 と異なる動作についてのみ説明する。

【0051】発振器 27 では、低周波の微小信号を発生する。この低周波微小信号は、加算器 25 および増幅器 26 によって可変分散補償器 1 に印可されるため、可変分散補償器 1 が補償する分散値は、低周波で微小な変化が生じる。そして、デューティ検出回路 3 では、分散値の変化に応じた出力をミキサ 22 に供給する。

【0052】また、本実施の形態では、大きな電圧を与えるほど、可変分散補償器 1 にて補償する分散値が大きくなると仮定する。たとえば、可変分散補償器 1 の分散補償量が不足している場合には、正の微小信号が印可されると、可変分散補償器 1 の分散補償量が最適値に近づき、デューティ検出回路 3 が大きな電圧を出力する。一方、可変分散補償器 1 の分散補償が多すぎる場合には、正の微小信号が印可されると、デューティ検出回路 3 が大きな電圧を出力する。すなわち、本実施の形態では、微小信号の符号とデューティ検出回路の出力信号の符号が一致している場合には、可変分散補償器 1 へ印可する電圧を増加し、微小信号の符号とデューティ検出回路 3 の出力信号の符号が反転している場合には、可変分散補償器 1 へ印可する電圧を減少する。これにより、可変分散補償器 1 を最適に制御する。

【0053】なお、微小信号の符号とデューティ検出回路 3 の出力信号の符号が一致しているか、または、反転しているか、を検出するためには、微小信号の符号と、

デューティ検出回路 3 の出力信号の符号と、の積をとる方法が有効である。そのため、上記積の演算にはミキサ 22 が用いられる。ミキサ 22 の出力は時間変動するが、発振器 27 が発生する周波数よりも十分に低域の成分だけが誤差信号としての意味をもつため、低域濾過フィルタ 24 により信号の高周波成分を除去する。

【0054】そして、低域濾過フィルタ 24 の出力は、加算器 25 および増幅器 26 を介して可変分散補償器 1 へフィードバックされる。

【0055】このように、本実施の形態においては、低周波信号を出力する発振器 27 と、発振器 27 出力の符号とデューティ検出回路 3 出力の符号の一致／不一致を検出する位相比較回路 21 と、発振器 27 の出力信号と位相比較回路 21 の出力信号とを加算する加算器 25 を備え、前記一致／不一致の検出結果（位相の比較結果）に応じて、可変分散補償器に印可する電圧を加減する構成としたため、従来と比較して、単純な電子回路構成によって分散補償量を最適化することができる。

【0056】実施の形態 4. 図 8 は、本発明にかかる可変分散補償機能付き光受信器の実施の形態 4 の構成を示す図である。図 8 において、31 は可変分散補償器であり、32 は可変分散補償器 1 および可変分散補償器 31 を制御する分散値最適化回路である。

【0057】なお、先に説明した実施の形態 1 ～ 3 と同様の構成については、同一の符号を付してその説明を省略する。また、ここでは、可変分散補償器 1 および 31 とデューティ検出回路 3 a と分散値最適化回路 32 と可変分散補償器駆動回路 4 で可変分散補償装置を構成する。また、本実施の形態における図 8 の構成は、図 13 に示す送信側の構成（光送信器 101、光増幅器 103 a）と、伝送路 104 を介して接続することにより、光通信システムを形成する。

【0058】ここで、本実施の形態の可変分散補償機能付き光受信器の動作について説明する。ここでは、先に説明した実施の形態 1 ～ 3 と異なる動作についてのみ説明する。本実施の形態では、可変分散補償器 1 にて補償する分散量が最適である場合に、光受信器 2 のパフォーマンスが最大となる。また、可変分散補償器 1 および可変分散補償器 31 にて補償する分散量の合計が最適となった場合に、デューティ検出回路 3 a の出力が最大となる。なお、可変分散補償器 31 にて補償する分散量は十分小さな値としておく。

【0059】たとえば、分散値最適化回路 32 が、可変分散補償器 31 に対して正の分散  $D$  を与えたときのデューティ検出回路 3 a の出力を、 $V(+D)$  とし、可変分散補償器 31 に対して負の分散  $-D$  を与えたときのデューティ検出回路 3 a の出力を、 $V(-D)$  とする。そして、「 $V(+D) > V(-D)$ 」の場合、可変分散補償器駆動回路 4 では、補償する分散量が増加するように可変分散補償器 1 を制御し、「 $V(+D) < V(-D)$ 」



の場合には、補償する分散量が減少するように可変分散補償器 1 を制御する。

【0060】このように、本実施の形態においては、可変分散補償器 1 の出力信号の一部を分岐し、分岐後の信号を可変分散補償器 3 1 に対して入力し、デューティ検出回路 3 a が、可変分散補償器 3 1 の出力信号に基づいてデューティを検出する構成としたため、光受信器 2 が受け取る光信号に影響を与えることなく、分散補償量を最適化できる。なお、この制御は、CPU を用いて簡単に実現することができる。

【0061】実施の形態 5。図 9 は、本発明にかかる可変分散補償機能付き光受信器の実施の形態 5 の構成を示す図である。図 9 において、4 1 は直流電源である。

【0062】なお、先に説明した実施の形態 1～4 と同様の構成については、同一の符号を付してその説明を省略する。実施の形態 4 との相違点は、アナログ回路による制御を採用したことにある。また、ここでは、可変分散補償器 1 および 3 1 とデューティ検出回路 3 a と位相比較回路 2 1 と加算器 2 5 と増幅器 2 6 と発振器 2 7 と直流電源 4 1 と可変分散補償器駆動回路 4 で可変分散補償装置を構成する。また、本実施の形態における図 9 の構成は、図 13 に示す送信側の構成（光送信器 1 0 1、光増幅器 1 0 3 a）と、伝送路 1 0 4 を介して接続することにより、光通信システムを形成する。

【0063】ここで、本実施の形態の可変分散補償機能付き光受信器の動作について説明する。ここでは、先に説明した実施の形態 3 または 4 と異なる動作についてのみ説明する。本実施の形態の可変分散補償機能付き光受信器では、前述の実施の形態 4 と同様に、可変分散補償器 3 1 が補償する分散値を変化させ、デューティ検出回路 3 a が検出する信号の変化を観測し、可変分散補償器 1 が補償すべき分散値を最適化するものである。

【0064】また、実施の形態 4 とは異なるアナログ回路部分の動作原理は、基本的に実施の形態 3 の図 7 と同様である。なお、本実施の形態では、実施の形態 3 と異なる動作として、たとえば、発振器 2 7 が発生する低周波信号は、加算器 2 5 および増幅器 2 6 を介して可変分散補償器 3 1 にのみ入力され、可変分散補償器 1 には低周波信号が重畳されていない。このため、光受信器 2 に入力される信号に低周波信号成分が漏れこまない、という利点がある。また、本実施の形態では、加算器 2 5 の一方の入力に対して、位相比較回路 2 1 出力の代わりに直流電源 4 1 を接続する。

【0065】このように、本実施の形態においては、可変分散補償器 1 の出力信号の一部を分岐し、分岐後の信号を可変分散補償器 3 1 に対して入力し、デューティ検出回路 3 a が、可変分散補償器 3 1 の出力信号に基づいてデューティを検出する構成としたため、光受信器 2 が受け取る光信号に影響を与えることなく、分散補償量を最適化できる。また、低周波信号を出力する発振器 2 7

と、発振器 2 7 出力の符号とデューティ検出回路 3 a 出力の符号の一致／不一致を検出する位相比較回路 2 1 と、発振器 2 7 の出力信号と直流電源 4 1 の出力信号とを加算する加算器 2 5 と、を備え、前記一致／不一致の検出結果（位相の比較結果）に応じて、可変分散補償器に印可する電圧を加減する構成としたため、従来と比較して、単純な電子回路構成によって分散補償量を最適化することができる。

【0066】実施の形態 6。図 10 は、本発明にかかる可変分散補償機能付き光受信器の実施の形態 6 の構成を示す図である。図 10 において、5 1 は光分岐回路であり、5 2-1 は正の分散を有する固定分散発生器であり、6-1、6-2 は光電気変換回路（O/E）であり、3 a-1、3 a-2 はデューティ検出回路であり、5 2-2 は負の分散を有する固定分散発生器であり、5 3 は演算増幅器である。

【0067】なお、先に説明した実施の形態 1～5 と同様の構成については、同一の符号を付してその説明を省略する。また、ここでは、可変分散補償器 1 と各デューティ検出回路と演算増幅器 5 3 で可変分散補償装置を構成する。また、本実施の形態における図 10 の構成は、図 13 に示す送信側の構成（光送信器 1 0 1、光増幅器 1 0 3 a）と、伝送路 1 0 4 を介して接続することにより、光通信システムを形成する。

【0068】また、固定分散発生器 5 2-1 および 5 2-2 としては、分散補償ファイバ（DCF）、分散補償グレーティング（DCG）等、を用いることができる。各固定分散発生器が発生する分散量は、可変分散補償器 1 が補償する分散値の精度に相当するため、大きな値としてはならない。

【0069】ここで、本実施の形態の可変分散補償機能付き光受信器の動作について説明する。ここでは、先に説明した実施の形態 1～5 と異なる動作についてのみ説明する。

【0070】たとえば、可変分散補償器 1 にて補償する分散値が最適値よりも小さい場合には、正の分散を有する固定分散発生器 5 2-1 を通過した光信号の方が、負の分散を有する固定分散発生器 5 2-2 を通過した光信号よりも、デューティが小さくなる。そのため、デューティ検出回路 3 a-1 の出力信号は、デューティ検出回路 3 a-2 の出力信号よりも大きくなる。その結果、演算増幅器 5 3 の出力が正となるため、可変分散補償器駆動回路 4 では、可変分散補償器 1 に対して、補償する分散値を増やすように制御を行う。

【0071】一方、可変分散補償器 1 にて補償する分散値が最適値よりも大きい場合には、正の分散を有する固定分散発生器 5 2-1 を通過した光信号の方が、負の分散を有する固定分散発生器 5 2-2 を通過した光信号よりも、デューティが大きくなる。そのため、デューティ検出回路 3 a-1 の出力信号は、デューティ検出回路 3

a-2の出力信号よりも小さくなる。その結果、演算増幅器53の出力が負となるため、可変分散補償器駆動回路4では、可変分散補償器1に対して、補償する分散値を減らすように制御を行う。

【0072】このように、本実施の形態においては、可変分散補償器1出力の信号の一部を分岐し、分岐後の信号をさらに2つに分岐し、その一方を固定分散発生器52-1に、他方を固定分散発生器52-2に、それぞれ入力し、各固定分散発生器出力の光信号の比較結果に基づいて可変分散補償器1を制御する構成とした。これにより、光受信器2に入力される光信号に影響を与えることなく、かつ複数の可変分散補償器を用いることなく、簡単な構成で分散補償量を最適化することができる。

【0073】なお、本実施の形態においては、固定分散発生器52-1は正の分散を、固定分散発生器52-2は負の分散を、それぞれ発生することとしたが、これに限らず、たとえば、異なる分散値であれば、ともに正あるいはともに負であってもかまわない。また、いずれか一方を、ゼロとして省略することも可能である。

【0074】また、本実施の形態のデューティ検出回路3a-1とデューティ検出回路3a-2については、スイッチにより測定タイミングを制御することによって、共用化することも可能である。

【0075】実施の形態7。図11は、本発明にかかる光通信システムの実施の形態7の構成を示す図である。61はFEC(Forward Error Correction)エンコーダであり、62は光送信器であり、63、65は光増幅器であり、64は伝送路、66はFECデコーダであり、67は誤り率検出器である。なお、先に説明した実施の形態1~6と同様の構成については、同一の符号を付してその説明を省略する。

【0076】本実施の形態の光通信システムでは、FECエンコーダ61とFECデコーダ66がペアで機能し、信号ビットに冗長ビットを付与することで、誤り検出および訂正を行う。そして、可変分散補償器駆動回路4では、検出される誤り率が最小となるように、可変分散補償器1を制御することにより、補償する分散値を最適化する。

【0077】このように、本実施の形態においては、光送信器側で、送信信号に誤り訂正符号を付加する構成とし、可変分散補償機能付き光受信器側で、受信した信号の符号誤り検出と誤り訂正を行う構成とし、さらに、検出した符号誤りが最小となるように可変分散補償器を制御する構成としたため、簡単な構成で、かつ光信号に影響を与えることなく、分散値を最適化できる。

【0078】なお、本実施の形態においては、誤り訂正にFECを用いることとしたが、これに限らず、たとえば、符号誤り率を検出する方法として、SDH(synchronous Digital Hierarchy)等、他のフレームの信号品質モニタ用ビットを用いることもできる。

【0079】実施の形態8。図12は、本発明にかかる可変分散補償機能付き光受信器の実施の形態8の構成を示す図である。図12において、71-1、71-2は光受信器(Rx)であり、67-1、67-2は誤り率検出器である。

【0080】なお、先に説明した実施の形態1~7と同様の構成については、同一の符号を付してその説明を省略する。また、ここでは、可変分散補償器1と各誤り率検出器と演算増幅器53で可変分散補償装置を構成する。また、本実施の形態における図12の構成は、図13に示す送信側の構成(光送信器101、光増幅器103a)と、伝送路104を介して接続することにより、光通信システムを形成する。

【0081】先に説明した実施の形態6との相違点は、光電気変換回路6-1および6-2を光受信器71-1および71-2に置き換えたこと、デューティ検出回路3a-1および3a-2を誤り率検出器67-1、67-2に置き換えたこと、である。

【0082】ここで、本実施の形態の可変分散補償機能付き光受信器の動作について説明する。ここでは、先に説明した実施の形態6と異なる動作についてのみ説明する。

【0083】たとえば、可変分散補償器1にて補償する分散値が最適値よりも小さい場合には、正の分散を有する固定分散発生器52-1を通過した光信号の方が、負の分散を有する固定分散発生器52-2を通過した光信号よりも、符号誤り率が小さくなる。そのため、誤り率検出器67-1の出力信号は、誤り率検出器67-2の出力信号よりも小さくなる。その結果、演算増幅器53の出力が正となるため、可変分散補償器駆動回路4では、可変分散補償器1に対して、補償する分散値を増やすように制御を行う。

【0084】一方、可変分散補償器1にて補償する分散値が最適値よりも大きい場合には、正の分散を有する固定分散発生器52-1を通過した光信号の方が、負の分散を有する固定分散発生器52-2を通過した光信号よりも、符号誤り率が大きくなる。そのため、誤り率検出器67-1の出力信号は、誤り率検出器67-2の出力信号よりも大きくなる。その結果、演算増幅器53の出力が負となるため、可変分散補償器駆動回路4では、可変分散補償器1に対して、補償する分散値を減らすように制御を行う。

【0085】このように、本実施の形態においては、可変分散補償器1出力の信号の一部を分岐し、分岐後の信号をさらに2つに分岐し、その一方を固定分散発生器52-1に、他方を固定分散発生器52-2に、それぞれ入力し、各固定分散発生器出力の光信号の比較結果に基づいて可変分散補償器1を制御する構成とした。これにより、光受信器2に入力される光信号に影響を与えることなく、かつ複数の可変分散補償器を用いることなく、

簡単な構成で分散補償量を最適化することができる。

【0086】なお、本実施の形態の誤り率検出器 67-1 と誤り率検出器 67-2 については、スイッチにより測定タイミングを制御することによって、共用化することも可能である。

【0087】

【発明の効果】以上、説明したとおり、本発明によれば、デューティ検出手段が、光信号のデューティを検出し、制御手段が、当該デューティが最適となるように可変分散補償手段を制御する構成とした。これにより、従来と比較して、簡単な構成によって分散補償量を最適化することが可能な可変分散補償装置を得ることができる、という効果を奏する。

【0088】つぎの発明によれば、デューティ検出手段が、光信号のデューティを光受信器の出力を用いて検出し、制御手段が、当該デューティが最適となるように可変分散補償手段を制御する構成とした。これにより、従来と比較して、簡単な構成によって分散補償量を最適化することが可能な可変分散補償機能付き光受信器を得ることができる、という効果を奏する。

【0089】つぎの発明によれば、低周波信号を出力する発振器と、発振器出力の符号とデューティ検出手段出力の符号の一致／不一致を検出する位相比較器と、発振器の出力信号と位相比較器の出力信号とを加算する加算器を備え、前記一致／不一致の検出結果（位相の比較結果）に応じて、可変分散補償手段に印可する電圧を加減する構成とした。これにより、従来と比較して、単純な電子回路構成によって分散補償量を最適化することが可能な可変分散補償機能付き光受信器を得ることができる、という効果を奏する。

【0090】つぎの発明によれば、デューティ検出手段が、光信号のデューティを光電気変換後の出力を用いて検出し、制御手段が、当該デューティが最適となるように可変分散補償手段を制御する構成とした。これにより、従来と比較して、簡単な構成によって分散補償量を最適化することが可能な可変分散補償機能付き光受信器を得ることができる、という効果を奏する。

【0091】つぎの発明によれば、第 1 の可変分散補償手段の出力信号の一部を分岐し、分岐後の信号を第 2 の可変分散補償手段に対して入力し、デューティ検出手段が、第 2 の可変分散補償手段の出力信号に基づいてデューティを検出する構成とした。これにより、光受信器が受け取る光信号に影響を与えることなく、分散補償量を最適化可能な可変分散補償機能付き光受信器を得ることができる、という効果を奏する。

【0092】つぎの発明によれば、可変分散補償手段出力の信号の一部を分岐し、分岐後の信号をさらに 2 つに分岐し、その一方を第 1 の分散媒体手段に、他方を第 2 の分散媒体手段に、それぞれ入力し、各分散媒体手段出力の光信号の比較結果に基づいて可変分散補償手段を制

御する構成とした。これにより、光受信器に入力される光信号に影響を与えることなく、かつ複数の可変分散補償手段を用いることなく、簡単な構成で分散補償量を最適化することが可能な可変分散補償機能付き光受信器を得ることができる、という効果を奏する。

【0093】つぎの発明によれば、デューティ検出手段が、光電気変換手段出力の電気信号の、平均振幅とピーク値との比を出力する構成とした。これにより、簡便な構成でデューティを検出することが可能な可変分散補償機能付き光受信器を得ることができる、という効果を奏する。

【0094】つぎの発明によれば、デューティ検出手段が、光電気変換手段出力の電気信号の、平均振幅と特定周波数成分の強度との比を出力する構成とした。これにより、簡便な構成でデューティを検出することが可能な可変分散補償機能付き光受信器を得ることができる、という効果を奏する。

【0095】つぎの発明によれば、可変分散補償手段出力の信号の一部を分岐し、分岐後の信号をさらに 2 つに分岐し、その一方を第 1 の分散媒体手段に、他方を第 2 の分散媒体手段に、それぞれ入力し、各分散媒体手段出力の光信号の比較結果に基づいて可変分散補償手段を制御する構成とした。これにより、光受信器に入力される光信号に影響を与えることなく、かつ複数の可変分散補償手段を用いることなく、簡単な構成で分散補償量を最適化することが可能な可変分散補償機能付き光受信器を得ることができる、という効果を奏する。

【0096】つぎの発明によれば、可変分散補償機能付き光受信器内のデューティ検出手段が、光信号のデューティを光受信器の出力を用いて検出し、制御手段が、当該デューティが最適となるように可変分散補償手段を制御する構成とした。これにより、従来と比較して、簡単な構成によって分散補償量を最適化することが可能な光通信システムを得ることができる、という効果を奏する。

【0097】つぎの発明によれば、低周波信号を出力する発振器と、発振器出力の符号とデューティ検出手段出力の符号の一致／不一致を検出する位相比較器と、発振器の出力信号と位相比較器の出力信号とを加算する加算器を備え、前記一致／不一致の検出結果（位相の比較結果）に応じて、可変分散補償手段に印可する電圧を加減する構成とした。これにより、従来と比較して、単純な電子回路構成によって分散補償量を最適化することが可能な光通信システムを得ることができる、という効果を奏する。

【0098】つぎの発明によれば、可変分散補償機能付き光受信器内のデューティ検出手段が、光信号のデューティを光電気変換後の出力を用いて検出し、制御手段が、当該デューティが最適となるように可変分散補償手段を制御する構成とした。これにより、従来と比較し



て、簡単な構成によって分散補償量を最適化することが可能な光通信システムを得ることができる、という効果を奏する。

【0099】つぎの発明によれば、可変分散補償機能付き光受信器内の第1の可変分散補償手段の出力信号の一部を分岐し、分岐後の信号を第2の可変分散補償手段に対して入力し、デューティ検出手段が、第2の可変分散補償手段の出力信号に基づいてデューティを検出する構成とした。これにより、光受信器が受け取る光信号に影響を与えることなく、分散補償量を最適化可能な光通信システムを得ることができる、という効果を奏する。

【0100】つぎの発明によれば、可変分散補償機能付き光受信器内の可変分散補償手段出力の信号の一部を分岐し、分岐後の信号をさらに2つに分岐し、その一方を第1の分散媒体手段に、他方を第2の分散媒体手段に、それぞれ入力し、各分散媒体手段出力の光信号の比較結果に基づいて可変分散補償手段を制御する構成とした。これにより、光受信器に入力される光信号に影響を与えることなく、かつ複数の可変分散補償手段を用いることなく、簡単な構成で分散補償量を最適化することが可能な光通信システムを得ることができる、という効果を奏する。

【0101】つぎの発明によれば、可変分散補償機能付き光受信器内のデューティ検出手段が、光電気変換手段出力の電気信号の、平均振幅とピーク値との比を出力する構成とした。これにより、簡便な構成でデューティを検出することが可能な光通信システムを得ることができる、という効果を奏する。

【0102】つぎの発明によれば、可変分散補償機能付き光受信器内のデューティ検出手段が、光電気変換手段出力の電気信号の、平均振幅と特定周波数成分の強度との比を出力する構成とした。これにより、簡便な構成でデューティを検出することが可能な光通信システムを得ることができる、という効果を奏する。

【0103】つぎの発明によれば、可変分散補償機能付き光受信器内の可変分散補償手段出力の信号の一部を分岐し、分岐後の信号をさらに2つに分岐し、その一方を第1の分散媒体手段に、他方を第2の分散媒体手段に、それぞれ入力し、各分散媒体手段出力の光信号の比較結果に基づいて可変分散補償手段を制御する構成とした。これにより、光受信器に入力される光信号に影響を与えることなく、かつ複数の可変分散補償手段を用いることなく、簡単な構成で分散補償量を最適化することが可能な光通信システムを得ることができる、という効果を奏する。

【0104】つぎの発明によれば、光送信器側で、送信信号に誤り訂正符号を付加する構成とし、可変分散補償機能付き光受信器側で、受信した信号の符号誤り検出と誤り訂正を行う構成とし、さらに、検出した符号誤りが

最小となるように可変分散補償手段を制御する構成とした。これにより、簡単な構成で、かつ光信号に影響を与えることなく、分散値を最適化可能な光通信システムを得ることができる、という効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明にかかる可変分散補償機能付き光受信器の実施の形態1の構成を示す図である。

【図2】 デューティ検出回路3の構成を示す図である。

【図3】 デューティ検出回路3の構成を示す図である。

【図4】 本発明にかかる可変分散補償機能付き光受信器の実施の形態2の構成を示す図である。

【図5】 デューティ検出回路3aの構成を示す図である。

【図6】 デューティ検出回路3aの構成を示す図である。

【図7】 本発明にかかる可変分散補償機能付き光受信器の実施の形態3の構成を示す図である。

【図8】 本発明にかかる可変分散補償機能付き光受信器の実施の形態4の構成を示す図である。

【図9】 本発明にかかる可変分散補償機能付き光受信器の実施の形態5の構成を示す図である。

【図10】 本発明にかかる可変分散補償機能付き光受信器の実施の形態6の構成を示す図である。

【図11】 本発明にかかる光通信システムの実施の形態7の構成を示す図である。

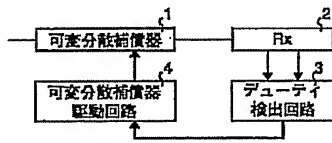
【図12】 本発明にかかる可変分散補償機能付き光受信器の実施の形態8の構成を示す図である。

【図13】 従来の光通信システムの概略構成を示す図である。

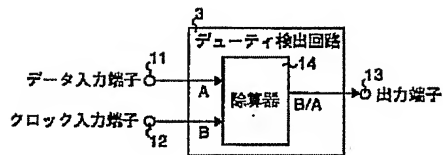
【符号の説明】

1, 31 可変分散補償器、2 光受信器 (Rx)、  
3, 3a, 3a-1, 3a-2 デューティ検出回路、  
4 可変分散補償器駆動回路、5 光分岐回路、6, 6-1, 6-2 光電気変換回路 (O/E)、11 データ入力端子、12 クロック入力端子、13 出力端子、  
14 除算器、15 利得制御回路、16 可変利得増幅器 (gain)、17 ピーク検出器、18 平均値検出器、19 クロックレベル検出器、21 位相比較回路、22 ミキサ、23 増幅器、24 低域濾過フィルタ、25 加算器、26 増幅器、27 発振器、  
32 分散値最適化回路、41 直流電源、51 光分岐回路、52-1, 52-2 固定分散発生器、53 演算増幅器、61 FEC (Forward Error Correction) エンコーダ、62 光送信器、63, 65 光増幅器、64 伝送路、66 FECデコーダ、67 誤り率検出器、71-1, 71-2 光受信器 (Rx)、67-1, 67-2 誤り率検出器。

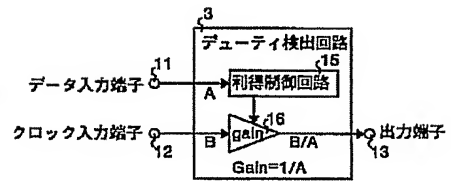
【図 1】



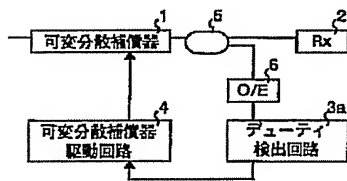
【図 2】



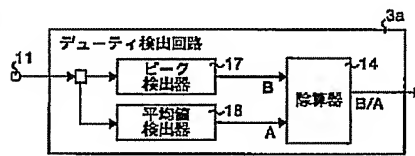
【図 3】



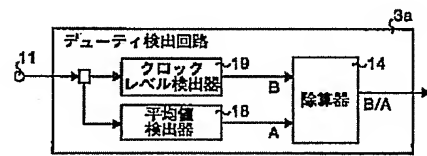
【図 4】



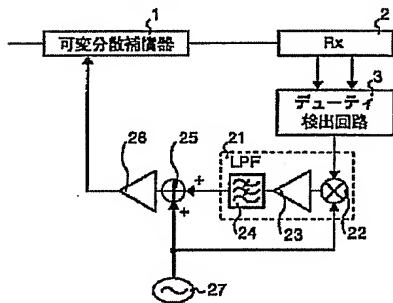
【図 5】



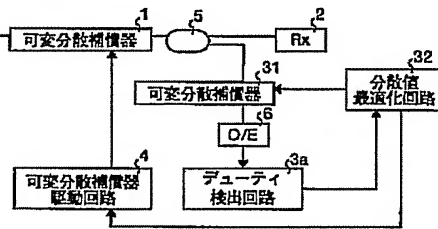
【図 6】



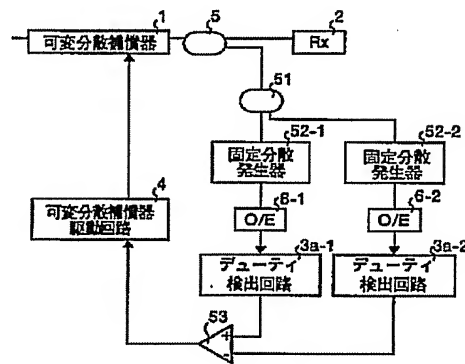
【図 7】



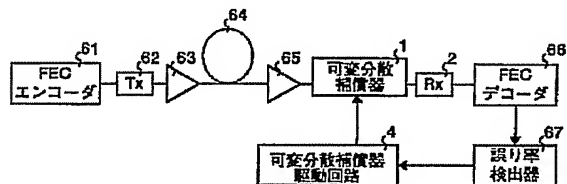
【図 8】



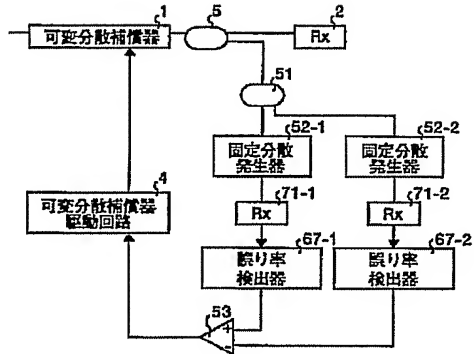
【図 10】



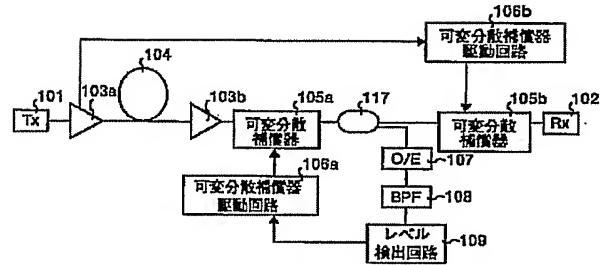
【図 11】



【図12】



【図13】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. 7  
H 0 4 B 10/18

識別記号

F I

テーマコード (参考)

(72) 発明者 小林 由紀夫  
東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三  
菱電機株式会社内

(72) 発明者 橋本 実  
東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三  
菱電機株式会社内  
Fターム (参考) 5K002 AA03 BA02 BA04 BA15 CA01  
DA05 FA01